

2 Revisão Bibliográfica

2.1. Conceitos do gerenciamento da cadeia de suprimentos

A cadeia de suprimentos pode ser conceituada como uma rede de organizações envolvidas em diferentes processos e atividades, produzindo valor na forma de produtos e serviços ao cliente. Também pode ser definida como o conjunto de organizações distintas ligadas por fluxo financeiro, de material e de informação. Essas organizações podem ser produtores de peças, componentes e produtos finais, provedores de serviços logísticos e o próprio cliente (Stadler, 2002). O termo cadeia de suprimentos também pode ser aplicado ao gerenciamento do fluxo financeiro, de materiais e de informações de uma grande empresa, com filiais em diferentes países. Nesse caso, ela é chamada de cadeia de suprimentos intra-organizacional.

Segundo a consultoria Dextron Management Consulting (2003), a metodologia SCM (*Supply Chain Management*), ou gerenciamento da cadeia de suprimentos, se destina à redução de custos, minimização dos ciclos e maximização do valor percebido pelo cliente final. Tais objetivos são alcançados por meio do rompimento das barreiras entre departamentos e unidades da empresa e implica na adoção de práticas como fornecimento global, parcerias com fornecedores e clientes, redução de estoques em toda a cadeia de fornecimento, revisão do sistema de distribuição, aprimoramento do sistema de informação e melhoria da previsão de vendas.

De acordo com Shapiro (1999), o termo gerenciamento da cadeia de suprimentos traz conceitos sobre o planejamento integrado, proposto por praticantes da pesquisa operacional, estudiosos em logística e estrategistas. Esse planejamento integrado refere-se à coordenação funcional dentro da firma, entre a firma e seus fornecedores e entre a firma e seus clientes.

No conceito de SCM, a competitividade, objetivo principal da cadeia de suprimentos, passou a ser responsabilidade de toda a cadeia e não de um único membro. O aumento da competitividade pode ser alcançado através de uma melhor integração das organizações envolvidas na cadeia e através de uma eficiente coordenação dos fluxos de produtos e informações.

2.1.1.

Integração das organizações envolvidas na cadeia de suprimentos

De acordo com Stadler (2002b), a integração compreende a definição da liderança da cadeia, a escolha de parceiros, a organização da rede e a colaboração inter-organizacional.

A liderança na cadeia pode ser realizada por uma única empresa ou por um comitê executivo, formado por representantes de todas as empresas. Se a liderança for feita por uma única empresa, então ela pode ser a empresa com maior capital, a empresa com maior conhecimento dos produtos ou serviços, a empresa que mais agrega valor ao produto ou serviço da cadeia, ou ser a fundadora da cadeia.

A escolha de parceiros inicia-se com a análise das atividades associadas à geração de produtos ou serviços para atender um determinado segmento de mercado. Primeiramente, as atividades devem ser designadas aos parceiros já existentes. Se houver atividades a serem desenvolvidas por parceiros externos, a análise deve ser feita não apenas em termos de custo, mas do potencial que esse parceiro tem em tornar-se integrante da cadeia.

A colaboração inter-organizacional é necessária para que a cadeia de suprimentos seja efetiva. Apesar dos membros de uma cadeia serem independentes, economicamente eles são dependentes, e uma cadeia só será estável se todos os membros estiverem operando com lucro. Dentro da cadeia, a competição é substituída por comprometimento no aumento da competitividade (Chopra & Meindl, 2004).

2.1.2.

Coordenação das organizações envolvidas na cadeia de suprimentos

A coordenação da cadeia de suprimentos compreende a utilização de tecnologia de informação, orientação ao processo e planejamento avançado.

Os aplicativos para o gerenciamento da cadeia de suprimentos consistem de várias aplicações integradas destinadas a automatizar todos os processos da cadeia. Colaboração, processamento de transações e informações entre os participantes são elementos chave para a coordenação da cadeia de suprimentos (Stang & Arcuri, 2003).

Segundo Stadler (2002b), a tecnologia de informação permite que a informação flua por entre os membros da cadeia. A orientação ao processo consiste na coordenação de todas as atividades da cadeia, buscando sempre o melhor desempenho no atendimento à demanda dos clientes. O planejamento avançado compreende níveis de planejamento curto, médio e longo. Programas computacionais estão disponíveis para suportar as tarefas de planejamento.

Buscando acompanhar a competitividade de uma cadeia de suprimentos, é importante que o nível de serviço ao cliente seja acompanhado. Ele pode ser medido através de indicadores de desempenho, como o *lead time* máximo de uma ordem, número de ordens atendidas em determinados dias, entre outros. Indicadores de desempenho são utilizados para identificar pontos fracos, gargalos e perdas na cadeia. Eles também são utilizados para se estabelecer objetivos da cadeia e, conseqüentemente, os objetivos de cada membro da cadeia.

Para uma eficiente coordenação da cadeia de suprimentos, outros componentes são importantes, como logística e transporte, *marketing*, pesquisa operacional, comportamento organizacional, compras e suprimentos.

2.2.

Aplicativos para o gerenciamento da cadeia de suprimentos

Em uma pesquisa feita no Brasil pela Dextron Management Consulting e MMC International Consulting Group. (Dextron Management Consulting, 2003, p. 59), é citado que “23% das 150 empresas pesquisadas já implementaram ou

estão implementando o SCM”. Também é declarado nessa pesquisa (Dextron Management Consulting, 2003, p. 60), que “23% das empresas percebem o impacto positivo que a adoção de uma metodologia sistemática e estruturada de SCM pode trazer. Nesse caso, os benefícios são divididos em três campos: operacional (por exemplo, redução de variedades, custos e retrabalhos), tático (redução do tempo do ciclo dos processos, melhoria do nível dos serviços e aumento da produtividade) e estratégico (aumento da fatia de mercado, conquista de novos mercados e, principalmente, melhoria na margem e capacidade de geração de valor).

Os aplicativos que compõem a solução de gerenciamento da cadeia de suprimentos podem ser divididos em aplicativos de planejamento e de execução (Foster, 2003). Os aplicativos de planejamento, objeto de estudo deste trabalho, promovem o planejamento de toda a cadeia de suprimento, desde a previsão da demanda até a programação da produção e distribuição. Possuem recursos como a simulação e heurística, consideram as características dos processos e suas restrições, gerando planos viáveis e aumentando o valor da cadeia.

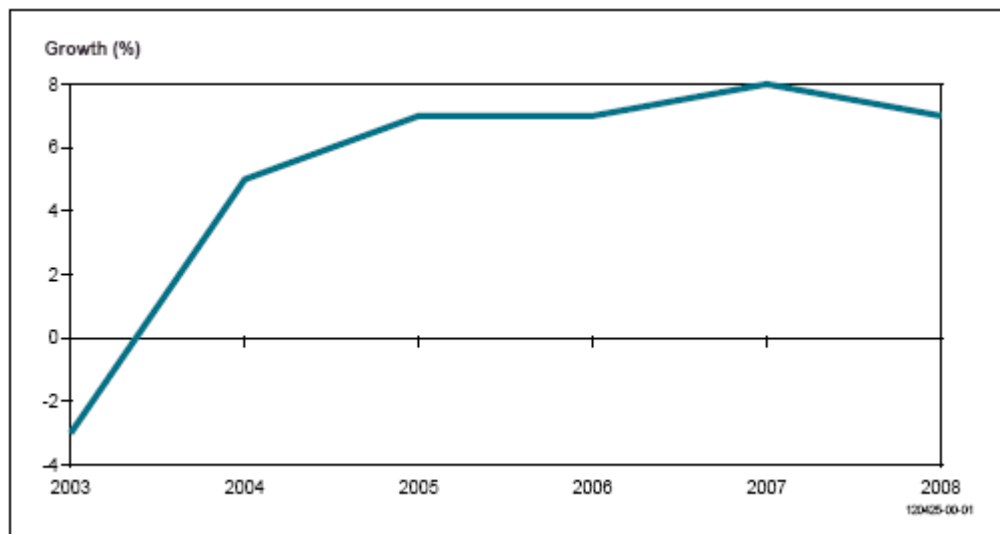
2.3. O mercado

Abaixo serão apresentados os mercados para aplicativos de gerenciamento da cadeia de suprimentos e aplicativos de planejamento da cadeia de suprimentos.

2.3.1. Panorama mundial dos aplicativos de gerenciamento da cadeia de suprimentos

Em um trabalho realizado pelo Gartner (Eschinger, 2004b) sobre o posicionamento do mercado de aplicativos para o gerenciamento da cadeia de suprimentos entre os anos 2003 e 2008, foi constatada uma queda de 3 pontos percentuais em 2003, se comparado a 2002. Enquanto ocorre uma diminuição na receita em 2003, as vendas de soluções para o gerenciamento da cadeia de suprimentos começam a melhorar a partir do meio do ano de 2003. Estima-se que esta tendência permanecerá em 2004, sendo a previsão de crescimento de 2 a 5 pontos percentuais. A Figura 1 ilustra o comportamento do mercado de aplicativos para o gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Figura 1 - Crescimento anual para aplicativos de gerenciamento da cadeia de suprimentos (2003 – 2008).



Fonte: Gartner Dataquest (Eschinger, 2004b).

A receita das licenças no mercado mundial não atingiu 2 bilhões de dólares em 2003, conforme apresentado na Tabela 1, o que representa uma queda de 1.4%.

Tabela 1 – Mercado mundial de aplicativos para o gerenciamento da cadeia de suprimentos; receita de novas licenças de 2000 a 2003 (milhões de dólares).

	2000	2001	2002	2003
SCM License Revenue	2,978	2,617	2,020	1,991

Fonte: Gartner Dataquest (Eschinger, 2004a).

Os cinco maiores fornecedores mundiais de aplicativos para gerenciamento da cadeia de suprimentos em 2003 (em termos de novas licenças) foram SAP, Oracle, PeopleSoft, Ariba and Freemarkets. A SAP conseguiu um crescimento em seu *market-share* devido, principalmente, ao crescimento de 36% no segmento de planejamento da cadeia de suprimentos (Eschinger, 2004a).

Algumas das empresas no Brasil que utilizam o aplicativo APO são Milênia, Belgo Mineira, Empresas Zillo Lorenzetti, Copersucar, FMC EnergySystems, Zillo Lorenzetti, Aracruz Celulose S.A. e Johnson & Johnson.

2.3.2.

Panorama mundial para os aplicativos de planejamento da cadeia de suprimentos

Magic Quadrants (White, 2004) é um meio de apresentar o posicionamento dos fornecedores e sua expectativa de desempenho. Os quatro quadrantes são descritos da seguinte forma:

- a) *Leaders*: são os líderes que têm um bom desempenho atual e estão bem posicionados para o futuro;
- b) *Challengers*: são os competidores que possuem um bom desempenho atual e têm a chance de crescer em alguns mercados, no entanto, não estão sintonizados com a tendência do mercado;
- c) *Visionaries*: são os visionários que percebem a tendência do mercado, mas não têm um bom desempenho;
- d) *Niche Players*: têm o foco em pequenos segmentos de mercado e atendem bem esses segmentos. Não estão focados em grandes desempenhos ou inovações.

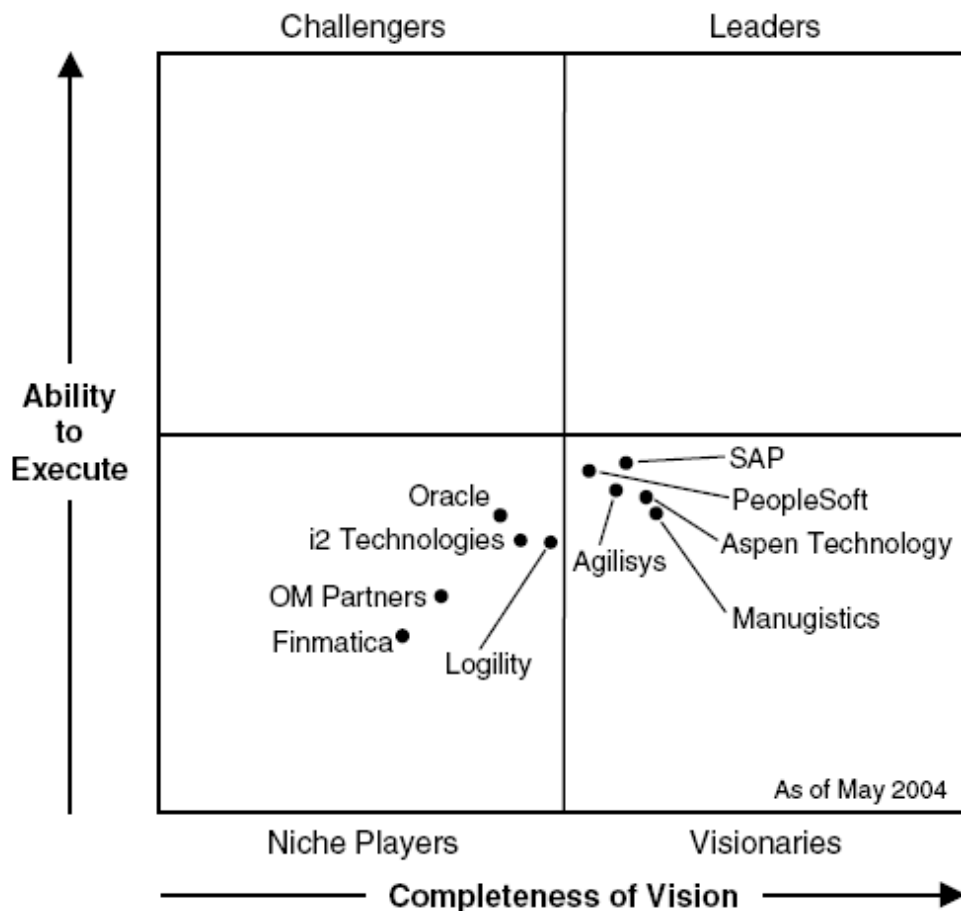
Desde o *Magic Quadrant* de 2003 de aplicativos de gerenciamento da cadeia de suprimentos para a indústria de processos, nenhum novo fornecedor surgiu e os existentes limitaram a expansão de suas funcionalidades para alguns setores como metal, óleo e gás, químico e farmacêutico.

Na pesquisa para a elaboração do *Magic Quadrant* de 2003 foram considerados fornecedores que cumprem com os seguintes requisitos:

- a) possuem aplicativos abrangentes para o gerenciamento da cadeia de suprimento, com soluções para planejamento da rede, planejamento de capacidade, planejamento da demanda, planejamento e programação da manufatura, planejamento de distribuição e planejamento de transporte;
- b) possuem estratégias globais de venda e canais de distribuição em vários continentes.

A Figura 2 refere-se ao *Magic Quadrant* para aplicativos de planejamento da cadeia de suprimentos na indústria de processo.

Figura 2 – Magic Quadrant



Fonte: Gartner Research (White, 2004).

Podemos observar que não há líderes ou competidores nesse mercado. Quanto aos visionários, vários são observados. A empresa alemã SAP é uma das empresas visionárias com a recente versão 4.0 de seu aplicativo, o APO. Novas funcionalidades como campanha e planejamento do estoque de segurança, melhorias na usabilidade e gerenciamento de dados estão sendo adicionadas. Entretanto, a SAP continua trabalhando em funcionalidades como planejamento e programação da produção, já que seu desempenho em complexas tarefas de planejamento e otimização ainda está imaturo (White, 2004).

O crescimento máximo da indústria de aplicativos de gerenciamento da cadeia de suprimentos ocorreu nos anos 90, com a venda aumentando a cada ano. Mas quando entramos no século XXI, os problemas começaram a aparecer. Muitos fornecedores de aplicativos anunciaram cadeias de suprimentos conectadas de forma irreal. A simples compra e implantação de um sistema não modifica uma empresa. O que realmente cria valor para uma empresa é o redesenho de seus processos, que deve acompanhar a implantação do aplicativo. Além disso, a transferência livre de dados entre fornecedores, fabricantes, clientes e prestadores de serviços não pode ser realizada de forma tão simples, já que processos individuais e diferentes plataformas tecnológicas levam algum tempo para serem integrados (Copacino, 2003).

2.4.

Conceitos de planejamento avançado e a utilização de sistemas de planejamento avançado, os chamados APS (*Advanced Planning Systems*)

Programas computacionais chamados *Advanced Planning Systems* (APS) ou Sistemas de Planejamento Avançado estão disponíveis para suportar tarefas de planejamento de curto, médio e longo prazo. Esses sistemas vieram para complementar os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) já bastante difundidos. Através dos sistemas APS é possível a modelagem das capacidades gargalo, a utilização de conceitos de planejamento hierárquico, o uso de algoritmos avançados e a facilidade de alteração dos planos. Modos alternativos de operação podem ser avaliados, reduzindo custos e aumentando o lucro da organização.

Um sistema APS faz o planejamento integral de toda a cadeia de suprimentos, dos fornecedores aos clientes. Esse sistema também trabalha com o conceito de planejamento hierárquico (Fleischmann *et al.*, 2002), onde as tarefas de planejamento são divididas em módulos, atribuídos a diferentes níveis de decisão. Cada nível engloba a cadeia como um todo, mas com atividades específicas. No nível mais alto, existe apenas um módulo de planejamento e nos níveis inferiores, mais de um módulo. Quanto mais módulos existirem, menor será o horizonte de planejamento e mais detalhado será o plano. Quanto maior o nível do módulo, mais agregadas estarão as informações como família de produtos, períodos de tempo em meses ou anos. O fluxo de informações ocorre entre os módulos tanto horizontal quanto verticalmente. No fluxo horizontal

consiste de informações iniciadas pelo próprio cliente, tais como previsão de venda, ordens de venda, ordens de produção, ordens de compra. No fluxo vertical, os resultados dos planejamentos dos níveis superiores servem como restrições aos níveis inferiores, bem como informações dos níveis inferiores, como custo, *lead-time*, utilização, são utilizadas pelos níveis superiores. A definição de um sistema de planejamento hierárquico requer uma definição cuidadosa dos módulos, das atividades relacionadas a cada módulo, bem como do fluxo de informações.

Os sistemas APS trabalham com modelagem (Fleischmann *et al.*, 2002). Na modelagem, a realidade deve ser considerada da forma mais simples possível, sem ignorar restrições consideráveis. Devem ser definidas alternativas, objetivos e restrições para vários problemas de planejamento. Nesse processo, algumas dificuldades podem ser encontradas, como o elevado número de alternativas possíveis no planejamento da cadeia de suprimentos. Nestes casos, métodos matemáticos de pesquisa operacional devem ser utilizados para suportar o planejamento. Esses métodos podem definir uma solução ótima, como é o caso da Programação Linear, mas para a maioria dos problemas combinatoriais somente soluções próximas da ótima conseguem ser encontradas. O sucesso desses métodos depende da modelagem do problema. Outra dificuldade está na incerteza. São utilizadas informações estimadas através de modelos de previsão, os quais podem conter erros.

Modelos de simulação especializados ou gerais são utilizados para aspectos temporais como estoque tático e planejamento de produção. Os modelos atuais estão ficando mais abrangentes e estão começando a incluir aspectos como impostos e tarifas.

De acordo com Kahl (1999), os aplicativos para planejamento da cadeia de suprimentos são analíticos, uma vez que possuem sofisticadas ferramentas como algoritmos avançados e análises de cenários. Um planejamento avançado utiliza esses algoritmos para analisar restrições como material, capacidade e requerimentos do cliente, de forma a gerar um plano viável. Com este plano, podem ser eliminados estoques desnecessários ou *lead-times* muito longos.

Através dos algoritmos avançados e da facilidade de busca de informações, os aplicativos para planejamento da cadeia de suprimentos

auxiliam as empresas na tomada de decisão, aumentando flexibilidade e velocidade nas operações e permitindo que as empresas criem valor. Esses aplicativos permitem aos planejadores de transporte determinar o melhor meio de transporte, auxiliam os gerentes de produto na acuracidade da previsão de demanda e os compradores a procurar estrategicamente seus fornecedores. Outra vantagem competitiva trazida por esses aplicativos é a velocidade no processamento das informações, permitindo respostas rápidas aos clientes.

Atualmente, as empresas estimam o valor criado por um aplicativo de planejamento da cadeia de suprimentos em termos de desempenho em uma área específica da empresa. De acordo com Kahl (1999), esses aplicativos estão sendo designados para áreas como compras, produção, estoque, transporte, planejamento de demanda. Essas áreas justificam a aquisição do aplicativo. No entanto, áreas como finanças, recursos humanos e corporativo também são beneficiadas.

Segundo Kahl (1999), alguns dos objetivos desses aplicativos:

- a) Serem aplicativos abrangentes: esses aplicativos pretendem abranger e sincronizar áreas como suprimento, produção, logística e planejamento de demanda;
- b) Adicionarem funcionalidades de negócio: aplicativos de planejamento visam sincronizar atividades operacionais com outras áreas do negócio, como área financeira, administração do ciclo de vida do produto e administração da força de trabalho;
- c) Integrarem o planejamento estratégico: muitos aplicativos para planejamento estratégico não possuem integração com outros aplicativos na empresa;
- d) Participarem da colaboração entre empresas: esses aplicativos auxiliam na colaboração entre empresas. As empresas devem trabalhar de forma integrada para atingirem objetivos comuns.

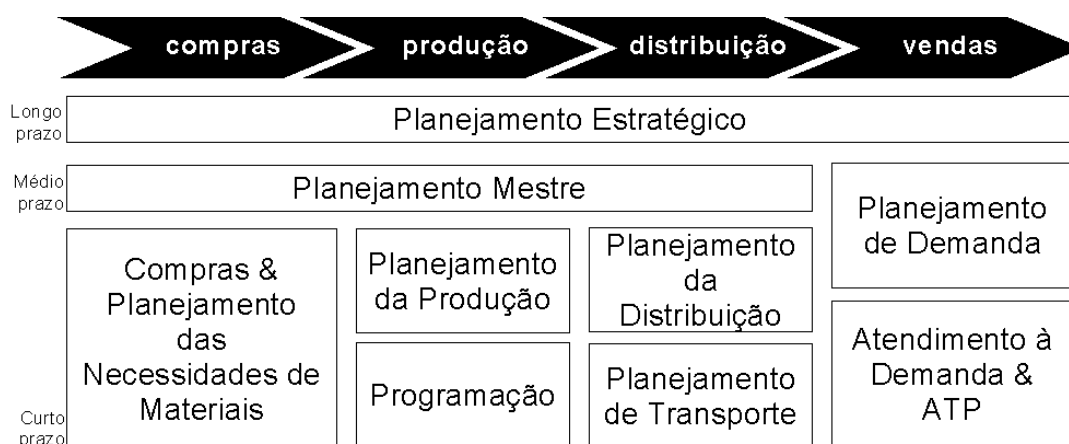
A necessidade de desenvolvimento de aplicativos capazes de solucionar problemas complexos, de técnicos especializados e recursos computacionais fazem com que grande parte das empresas não desenvolva seus modelos, mas utilize ferramentas já existentes no mercado, como os sistemas de planejamento avançado (APS).

2.5. Estruturação dos sistemas APS (*Advanced Planning Systems*)

Os sistemas APS foram criados por diferentes empresas em diferentes épocas. No entanto, é possível identificar uma estrutura comum em todos eles (Meyr *et al.*, 2002). A quantidade de processos atendidos, bem como as funcionalidades presentes em cada um dos sistemas varia de fornecedor para fornecedor.

Para o entendimento dos aplicativos de gerenciamento da cadeia de suprimentos, será apresentada uma estrutura básica (Figura 3), cujos módulos representam os módulos dos aplicativos.

Figura 3 - Estrutura padrão dos módulos dos aplicativos de planejamento avançado.



Fonte: Meyr *et al.*, 2002.

A seguir serão caracterizados os módulos da estrutura apresentada.

2.5.1. Planejamento Estratégico (*Strategic Network Planning*)

No planejamento estratégico, segundo Goetschalckx (2002), é feito o desenho da cadeia de suprimento. São identificados os produtos a serem vendidos para determinados mercados, os processos importantes de manufatura, fornecedores de matéria prima e materiais intermediários, fechamento ou criação de uma nova linha de produção ou de uma nova fábrica. Como resultado, são estabelecidas e alocadas as capacidades de produção e

distribuição aos produtos e clientes. Essa alocação de capacidade torna-se restrição para o planejamento mestre da produção. O horizonte de planejamento varia de três a dez anos e as decisões tomadas impactam a rentabilidade no longo prazo, bem como a posição da empresa no mercado.

No planejamento estratégico são utilizados modelos de suporte à decisão. Um modelo para o desenho estratégico da cadeia de suprimentos deve levar em consideração variáveis de decisão relevantes, restrições relacionadas a países, períodos, produtos, instalações, canais de transporte, fluxo de produtos e estoques.

No projeto de uma cadeia de suprimentos global alguns fatores como impostos, o acelerado ciclo de vida dos produtos, a flexibilidade necessária para as mudanças econômicas, o tipo das instalações que deve atender às demandas atuais e futuras de produtos diferentes, tornam o modelo complexo e de difícil resolução. Desta forma, algoritmos especializados e heurísticas devem ser utilizados para resolver estes problemas em um período de tempo aceitável. Além disso, as empresas estão chegando à conclusão de que um pequeno desvio no resultado ótimo pode gerar conseqüências financeiras desastrosas.

2.5.2. Planejamento de Demanda (*Demand Planning*)

Segundo Wagner (2002), o objetivo do planejamento da demanda é melhorar as decisões que afetam a acuracidade da demanda e o cálculo dos estoques de segurança necessários para o nível de serviço predefinido. As informações do planejamento da demanda, como previsão de venda para cada produto, por região e por semana, bem como os estoques de segurança para cada centro de distribuição ou planta, são utilizadas pelo planejamento mestre.

O módulo planejamento da demanda utiliza métodos estatísticos para a criação de previsões de vários itens automaticamente. A essas previsões são adicionadas informações como promoções, campanhas de *marketing*, mudança no número de lojas. O usuário pode analisar diferentes cenários através do módulo de simulação ou análises de cenários. Também pode planejar promoções (quando e onde) ou decidir quando promover um novo produto.

O processo de previsão da demanda deve ser suportado por vários membros de diferentes áreas funcionais, como vendas, produção, compras. Portanto, um processo colaborativo eficiente é necessário para se obter um resultado aceitável por todos os participantes.

O planejamento da demanda deve suportar dimensões de agregação e desagregação, como produto, geografia e tempo. A previsão de quantidades pode ser feita por qualquer intersecção de qualquer das dimensões citadas.

A maioria dos sistemas APS complementam o módulo planejamento da demanda com a funcionalidade de cálculo do estoque de segurança, já que a previsão do erro do planejamento influencia no cálculo do estoque de segurança necessário para atender o nível de serviço. Esse cálculo é complexo, pois existem diferentes fórmulas para cada problema específico.

2.5.3. Planejamento Mestre da Produção (*Master Planning*)

De acordo com Rohde & Wagner (2002), o objetivo principal do planejamento mestre é a sincronização do fluxo de material ao longo de toda a cadeia de suprimento. O planejamento mestre suporta decisões de médio prazo, proporcionando eficiente utilização da produção, transporte, capacidade de suprimento, estoques sazonais, bem como um balanceamento entre suprimento e demanda. Como resultado desta sincronização, os níveis de estoque tendem a diminuir, minimizando a variação entre as quantidades produzidas e distribuídas. Sem um planejamento mestre centralizado, estoques são necessários de forma a manter um fluxo contínuo de material (Rohde & Wagner, 2002).

As quantidades necessárias de produção e transporte são calculadas simultaneamente à minimização dos custos totais de inventário, hora-extra, produção e transporte. O resultado do planejamento mestre é utilizado por outros módulos, como planejamento e programação da produção, planejamento de transporte e distribuição, assim como planejamento das necessidades de materiais e compras. Entretanto, não é possível e nem recomendável a otimização detalhada. O planejamento mestre utiliza grupos de produtos e materiais, bem como concentra-se nos recursos críticos reduzindo não somente dados, mas a complexidade dos modelos.

Baseado nos dados fornecidos pelo módulo planejamento da demanda, o planejamento mestre cria um plano agregado de produção e distribuição para todas as entidades da cadeia de suprimentos, além de calcular os estoques sazonais. O planejamento mestre deve conviver com o balanceamento entre custo de estoque, produção, transporte e extensão da capacidade. Devem ser consideradas a capacidade disponível e a dependência entre os diferentes estágios de produção e distribuição.

Pelo fato do planejamento mestre ser um módulo determinístico, resultados razoáveis podem ser esperados para processos de produção que possuem baixa variação de saída. Se ocorrerem gargalos nos recursos da produção ou nas linhas de transporte, as decisões devem ser tomadas de forma integrada, pois se forem tomadas sem considerar todos os pontos da cadeia de suprimentos, uma solução não ótima pode ser dada ao problema.

O módulo planejamento mestre interage com todos os módulos do planejamento de curto prazo, enviando informações e recebendo reações, como nível atual de estoque ou alterações na disponibilidade da capacidade. Também fornece informações de entrada para módulos de colaboração e atividades do planejamento estratégico, como planos de compras ou utilização da capacidade média em diferentes cenários.

São utilizados no APS horizontes de planejamento. Eles são caracterizados por intervalos de tempo nos quais os planos são gerados. É importante um horizonte de planejamento o qual considere, pelo menos, um ciclo sazonal ou um múltiplo inteiro, para que seja possível o balanceamento de capacidade através de um período e a cobertura dos picos de demanda. Por exemplo, se o pico de demanda ocorre no último quadrimestre e somente um semestre foi considerado no planejamento, então não se torna possível o balanceamento deste pico do planejamento do segundo semestre. Neste caso, o planejamento deve ser feito para 12 meses (Rohde & Wagner, 2002).

2.5.4. Planejamento e Programação da Produção (*Production Planning and Scheduling*)

De acordo com Stadler (2002a), o módulo planejamento e programação da produção é responsável por gerar a programação detalhada do chão de fábrica para um curto espaço de tempo. O intervalo para planejamento varia de um dia a algumas semanas, dependendo do setor industrial. Esse planejamento deve ser feito para cada planta ou unidade de produção, como um detalhamento do planejamento mestre. A programação da produção fornece, para cada ordem de produção a ser realizada, seu início, fim e centro produtivo no qual ela será executada. A programação da produção também fornece a seqüência de ordens de produção a ser executada em um determinado centro produtivo.

O planejamento e programação da produção é direcionado pelo plano mestre, que fornece diretrizes como:

- a) a quantidade de horas extras ou turnos adicionais a serem utilizados;
- b) a disponibilidade de itens fornecidos por outras unidades da cadeia de suprimentos em diferentes períodos de tempo;
- c) contratos de compra para fornecimento de material (fornecedores que não fazem parte da cadeia);
- d) quantidade de estoques sazonais para diferentes itens ao final do horizonte de planejamento (para unidades de produção que utilizam a política *make-to-stock*).

Nesta etapa do planejamento, além das informações vindas do planejamento mestre, outras são importantes, como o planejamento de pessoal em cada unidade produtiva. Por isso, o planejamento da produção deve ser feito de forma descentralizada.

2.5.4.1. A escolha do modelo

No módulo planejamento e controle da produção são utilizados modelos de decisão. Somente após a escolha do modelo viável é que as ações para o planejamento e controle da produção são executadas.

Um modelo do chão de fábrica deve conter todos os detalhes necessários do processo de produção, dos materiais e dos recursos gargalo. Mas como o planejamento e controle da produção não controla o chão-de-fábrica, já que este processo é executado pelo sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), alguns detalhes podem ser omitidos, como o monitoramento dos pontos de controle dos status das ordens. Caso necessário, um modelo pode ser restrito às operações realizadas em recursos gargalo da produção.

Os dados de um modelo podem ser classificados em dados estruturais e dados dependentes de uma determinada situação. Os dados estruturais consistem de:

- a) localizações;
- b) lista de materiais;
- c) rotinas e instruções operacionais associadas;
- d) recursos de produção;
- e) especificação de fornecedores;
- f) matriz de *setup*;
- g) calendários.

O calendário de fábrica indica paradas e outras interrupções nas horas dos recursos. Ele também possui informações quanto aos turnos de uma determinada planta. Usualmente, os programas APS oferecem alguns calendários que podem ser utilizados.

Os dados dependentes de uma determinada situação variam de acordo com a situação atual do chão-de-fábrica. Eles consistem de:

- a) estoques iniciais, incluindo estoques em processo;
- b) estado de *setup* do recurso;
- c) grupo de ordens a serem processadas dentro de um determinado intervalo de tempo.

O usuário também deve especificar alguns procedimentos operacionais, como regras de tamanho de lote, regras de prioridade e escolha de rotinas.

As regras para tamanho de lote podem ser fixas, como tamanho fixo de lote, tamanho de lote mínimo ou tamanho de lote com um determinado tempo entre ordens. Os pacotes oferecem algumas regras pré-estabelecidas, como oferecem também ferramentas para a construção de outras regras conforme necessidade do modelo. Se rotinas alternativas existem, o sistema escolherá a melhor para a programação da produção.

2.5.4.2.

A representação da solução

Há várias opções para a representação da solução de um modelo. Pode ser uma lista de atividades com seus inícios, fins e recursos necessários. Mas os planejadores geralmente preferem visualizar os resultados através de gráficos de Gantt, com todos os recursos de uma determinada planta em um determinado intervalo de tempo, ou uma ordem específica e sua programação em todos os estágios de produção.

2.5.5.

Planejamento de Distribuição e Transporte (*Distribution and Transport Planning*)

O módulo Planejamento de Distribuição e Transporte pode ser dividido em sistema de transporte e sistema de distribuição.

O sistema de transporte conecta a empresa desde o fornecedor até o cliente, sendo um processo importante na cadeia de suprimentos. Uma visão integrada dos processos de transporte, produção e estoque é característica do conceito moderno de gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Segundo Fleischmann (2002), a estrutura de transporte depende do tamanho da carga a ser transportada. Para cargas de grande volume podem ser utilizados veículos como caminhões ou *containers*. Cargas de menor volume devem ser consolidadas. Essa consolidação pode ser feita por empresas especializadas em serviços logísticos, do termo em inglês, *logistics service provider (LSP)*, onde são combinadas cargas de diferentes proprietários. Mesmo com um carregamento eficiente, quanto menor a carga maior será o custo, pois são necessários deslocamentos para diferentes locais de carregamento, paradas adicionais e pontos de transbordo.

O transporte de materiais para as unidades de produção faz parte da função distribuição do fornecedor e da função compras do cliente. O planejamento do transporte é de responsabilidade, na maioria das vezes, do fornecedor.

Um provedor de serviços logísticos pode operar em diferentes cadeias de suprimentos, sendo responsável pelo planejamento do transporte de veículos em suas rotas. Entretanto, a criação das ordens de transporte, isto é, a decisão de quantidade, origem, e destino de cada carga, é tarefa do sistema APS do transportador.

Um típico sistema de distribuição de uma empresa de bens de consumo compreende o fluxo de diferentes produtos de diferentes fábricas para um grande número de clientes. Produtos fabricados para estoque são, geralmente, transportados para centros de distribuição, onde são armazenados.

O transporte de materiais para produção, controlado pelo fornecedor, é feito por entregas diretas, na maioria das vezes. Um conceito recente para o suprimento de materiais é o estoque controlado pelo fornecedor, ou *vendor managed inventory (VMI)*, onde o fornecedor decide a quantidade e o prazo para entregas aos clientes, dentro dos níveis acordados.

2.5.5.1.

Interfaces com outros módulos do sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos

O planejamento de distribuição e transporte vai desde o planejamento agregado do processo de transporte, o qual é parte do planejamento mestre, até o mais baixo nível de planejamento, que é o planejamento de entrega das ordens conhecidas, último passo do módulo atendimento à demanda.

Este módulo é integrado a outros módulos como o planejamento estratégico, que fornece a estrutura da rede de transporte, como:

- a) localização das fábricas, fornecedores, depósitos centrais e pontos de transbordo;
- b) modos de transporte e potenciais caminhos;
- c) alocação entre fornecedores, clientes, centros de distribuição e fábricas;

d) decisão de utilização de provedores de serviços logísticos.

Já o planejamento mestre fornece informações como:

- a) quantidades agregadas a serem transportadas (cujo objetivo é providenciar recursos apropriados e duração de várias rotas de transporte);
- b) aumento e diminuição dos estoques sazonais nas fábricas e nos depósitos centrais.

O planejamento da demanda também fornece dados essenciais ao planejamento de transporte, como:

- a) ordens dos clientes a serem entregues;
- b) previsão da demanda nos centros de distribuição;
- c) estoque de segurança nos centros de distribuição.

Todas as informações acima citadas são utilizadas pelo planejamento de distribuição e transporte, que determina o planejamento de partidas de cargas da fábrica, informação utilizada pela programação da produção. Esta, por sua vez, fornece informações como ordens de produção planejadas e liberadas para decisões de curto prazo ou para liberação de cargas.

2.5.5.2. Planejamento das atividades de médio prazo

Segundo Fleischmann (2002), o objetivo do planejamento das atividades de médio prazo é o equilíbrio entre custo de transporte e custo de estoque. A frequência do transporte é uma variável de decisão para a reposição do centro de distribuição e para o suprimento de materiais, além de orientar as decisões de tamanho de lote de transporte.

Outra atividade do planejamento de médio prazo é a definição de regras para a forma de transporte. Por exemplo, ordens acima de 30 kg devem ser transportadas por um serviço de entrega especializado. Ordens acima de 1000 kg devem ser transportadas via depósito central passando por um ponto de transbordo e ordens acima de 3000 kg o transporte deve ser diretamente da fábrica. Essas decisões de médio prazo são respeitadas nas decisões das rotas de distribuição.

A determinação da quantidade agregada a ser transportada em cada ponto na cadeia de suprimentos é outra tarefa do planejamento de médio prazo. Esta atividade deve ser integrada com o planejamento mestre de forma a garantir a coordenação dos fluxos de produção e transporte na cadeia de suprimentos.

2.5.5.3. Planejamento das atividades de curto prazo

Este processo é executado para o período de um a vários meses. Uma das tarefas do planejamento de curto prazo consiste na definição da quantidade a ser transportada de cada produto em cada centro de distribuição ou em cada cliente que possua o *VMI (Vendor Management Inventory)*.

A atividade de carregamento do veículo consiste no ajuste das cargas de vários itens a serem transportados. Esta atividade é importante para a reposição do depósito central e para o suprimento de materiais para os veículos dedicados a uma cadeia de suprimentos.

Para a entrega aos clientes, a quantidade é fixada pelas ordens dos clientes, mas as origens das entregas podem ser várias e podem existir diversas rotas de transporte. Essas escolhas seguem as orientações do planejamento mestre e as regras definidas para as formas de transporte.

Para produtos fabricados para estoque, o tempo de entrega ao cliente é pequeno, geralmente entre 24 e 72 horas, tempo necessário para o *picking*, carregamento e transporte. Se a quantidade solicitada excede a existente no estoque, então algumas ações devem ser tomadas, como a utilização de uma origem alternativa, a substituição do item por outro, a redução da quantidade do item faltante a ser entregue no depósito central para que ele possa ser entregue ao cliente e, em último caso, a redução da quantidade a ser entregue ao cliente.

A programação do veículo é outra atividade do planejamento de curto prazo. Ela consiste na programação de rotas de curta distância para a distribuição de ordens pequenas a partir de um ponto de transbordo. Também consiste na programação das rotas da fábrica aos centros de distribuição, dos

centros de distribuição aos pontos de transbordo e entregas diretas da fábrica ou centros de distribuição aos clientes.

2.5.6.

Compras e Planejamento das Necessidades de Materiais (*Purchasing & Material Requirements Planning*)

Esse módulo não será descrito pois trata-se de um módulo do sistema de execução, ou seja, do ERP (*Enterprise Resource Management*).

2.5.7.

Atendimento à Demanda e Verificação de Disponibilidade (*Demand Fulfilment and Available to Promise*)

Segundo Kilger e Schneeweiss (2002), o processo de planejamento que determina como a demanda atual será atendida é chamado de atendimento à demanda. Este processo determina a data prometida para atender a demanda do cliente. No mercado competitivo atual, é importante que esta data seja dada de forma rápida e que seja confiável, retendo o cliente e aumentando a participação da empresa no mercado.

Os sistemas tradicionais se baseiam no estoque existente do produto pedido pelo cliente para fornecer o prazo. Caso o produto não esteja em estoque, o prazo é fornecido de acordo com o tempo de duração da produção do produto. Este procedimento pode resultar em uma data incoerente, já que fatores como disponibilidade de capacidade ou de suprimento não são considerados.

Nos sistemas de planejamento avançado (APS) a data prometida para a ordem é calculada com base nas informações do planejamento mestre. Este procedimento denomina-se verificação de disponibilidade ou *ATP (Available-to-Promise)* e é o resultado da sincronização dos planos de suprimento e capacidade. Representa a disponibilidade atual e futura de suprimento e capacidade que pode ser usada para aceitar novas ordens dos clientes.

Para o acompanhamento desse processo são utilizados dois indicadores de desempenho, sendo eles o cumprimento do prazo de entrega e o desempenho da entrega. O indicador cumprimento do prazo de entrega é

influenciado pela qualidade do planejamento mestre. A verificação de disponibilidade, baseada em um planejamento mestre adequado, garante quase 100% de entregas no prazo. O indicador de cumprimento pode ser influenciado apenas por problemas de fornecimento ou problemas não esperados de capacidade. O indicador desempenho da entrega reflete quão hábil é a cadeia de suprimentos no atendimento à demanda. O planejamento mestre é feito com base no planejamento da demanda. Se o planejamento da demanda não é confiável, então o ATP pode não estar disponível quando necessário. Neste caso, o prazo a ser dado ao cliente em resposta à sua ordem pode demorar, influenciando o indicador desempenho da entrega.

Se as novas ordens dos clientes foram previstas no planejamento da demanda, se o planejamento mestre gerou um plano de suprimento adequado a partir do plano de demanda e se o suprimento atendeu a demanda, então o giro de estoque aumenta e datas coerentes são passadas para os clientes dentro de um pequeno período de tempo.

2.5.8. Coordenação e Integração dos Módulos

Segundo Rohde (2002), a integração entre os módulos de um sistema APS depende da arquitetura de cada sistema. Esses módulos podem trabalhar como sistemas individuais ou como um sistema de planejamento totalmente integrado. Um sistema que é totalmente integrado tem a vantagem de que todos os módulos têm a mesma interface com o usuário. Além disso, um único banco de dados é utilizado, evitando redundâncias e inconsistências de dados. Diferentes módulos podem interagir enviando mensagens e trocando dados diretamente. A maioria dos sistemas APS fornece integração dos módulos, com controle da troca de dados e informações.

Um sistema de planejamento avançado (APS) deve se integrar à infraestrutura já existente na empresa. A principal integração de um sistema de planejamento avançado é com sistemas de execução, ou sistemas OLTP (*on line transaction processing*), como ERP (*Enterprise Resource Planning*) e outros sistemas legados. Os sistemas OLTP mantêm dados transacionais (Barbieri, 2001). Outra integração importante dos sistemas APS é com sistemas de *Data*

Warehouse (DW), onde estão presentes os dados históricos de toda a cadeia de suprimentos.

Atividades como a explosão de uma lista de materiais e sua compra são executadas pelos sistemas ERP. A definição de quais objetos são trocados, de onde eles vêm e quais atividades de planejamento são realizadas em quais sistemas, é realizada no modelo de integração. Já a organização do fluxo de materiais e informações entre os sistemas é feita no modelo de troca.

A maioria dos sistemas de planejamento avançado possui uma linguagem-macro para definir estes modelos e permitir uma troca automática de dados. Os sistemas OLTP geralmente são mais antigos, os ajustes devem ser feitos pelos sistemas APS, onde é possível se trabalhar com diferentes formatos para importação e exportação de dados.

2.5.8.1. O Modelo de Integração

No modelo de integração são definidos quais objetos serão movimentados entre os sistemas APS e ERP, como listas de materiais, rotinas, níveis de inventário e ordens dos clientes. São definidos produtos e materiais críticos, bem como os recursos gargalos. Também são definidos neste modelo de onde vem cada dado, já que em uma cadeia de suprimentos, vários sistemas OLTP podem estar sendo utilizados.

O modelo de integração define quais resultados retornam para o sistema OLTP e quais atividades de planejamento são executadas pelo APS e quais pelo OLTP. Definindo vários modelos de integração é possível a simulação de diferentes alternativas de uma divisão de trabalho entre o APS e o ERP.

2.5.8.2. O Modelo de Troca

Nesse modelo é definido como os dados são transferidos. Essa transferência é executada em dois passos. O primeiro passo consiste na transferência dos dados necessários aos módulos dos sistemas APS a partir do sistema OLTP. Como exemplo, podemos citar listas técnicas, rotinas para os

produtos críticos, propriedades dos recursos gargalos em potencial, capacidades regulares.

O segundo passo consiste da transferência incremental de dados, onde somente dados modificados são transferidos de um sistema para outro. Os dados transferidos podem ser classificados em dados mestres e dados transacionais. Mudanças de dados mestres exigem o ajuste de um modelo no APS, como a compra de um novo recurso da produção, ou a introdução de um novo turno de trabalho. Dados transacionais são transferidos entre os sistemas como resultado das tarefas de planejamento. Dados como nível atual de estoque, ordens atuais, disponibilidade de recursos, quantidade de produção planejada e nível de estoque são exemplos de dados transacionais transferidos para um APS.